

# 砂石原材料检测技术在工程建设中的应用研究

文 / 曾柱灵 深圳市港嘉工程检测有限公司

**摘要:** 随着工程建设规模的不断扩大,砂石原材料的质量对工程质量和耐久性的影响日益显著。本文系统地探讨了砂石原材料检测技术在工程建设中的应用现状与发展趋势。通过对常用的检测方法,如筛分试验、密度测试、含水量测定、颗粒形状分析等进行详细分析,揭示了各类检测技术在实际工程中的优势与局限性。研究采用了多种先进的检测仪器和手段,如X射线荧光光谱仪、扫描电子显微镜等,对砂石原材料的化学成分、物理特性进行了全面的检测与分析。结果表明,先进检测技术不仅能够提高检测精度和效率,还能为工程材料的选择和优化提供科学依据。最后,结合实际工程案例,评估了砂石原材料检测技术对工程质量控制和风险管理的重要意义,提出了进一步提升检测技术应用水平的建议。本文的研究成果为工程建设中砂石原材料质量控制提供了有力的技术支持,对提高工程整体质量具有重要的现实意义。

**关键词:** 砂石原材料; 检测技术; 工程建设; 质量控制; 风险管理

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.01.022

## 引言

砂石原材料在工程建设中非常重要,它们的质量直接影响到建筑、道路和水利工程的稳定性和使用寿命。为了保证工程质量,我们需要科学有效地检测砂石的质量。传统的检测方法包括筛分试验、密度测试、含水量测定和颗粒形状分析,这些方法已经被广泛使用。此外,先进的检测仪器如X射线荧光光谱仪和扫描电子显微镜也开始应用于砂石检测,能够提高检测的精度和效率。然而,这些检测方法和仪器也有一些不足之处,比如不同方法的适用范围和准确性不同,检测结果可能受到多种因素影响,而且设备成本高、操作复杂,限制了它们的广泛应用。本文详细探讨了这些检测技术的现状和发展趋势,分析了各种方法的优缺点,并结合先进检测仪器对砂石的化学成分和物理特性进行了全面检测和分析。研究表明,先进检测技术能够提高检测精度和效率,为工程材料选择和优化提供科学依据。在实际工程案例中,评估了这些检测技术对工程质量控制和风险管理的重要性,并提出了提升检测技术应用水平的建议。

### 一、砂石原材料检测技术概述

#### (一) 砂石原材料的定义与分类

砂石原材料是指在工程建设中广泛使用的天然矿物质材料,主要用于混凝土、砂浆和路基等基础结构的构筑<sup>[1]</sup>。砂石原材料按粒径和材质分为砂、石两大类。砂是指粒径小于5毫米的细骨料,主要分为天然砂和机制砂两种。天然砂来自河流、湖泊等水体沉积物,通过开采、清洗等工艺制备而成;机制砂则是通过机械破碎岩石、矿石等材料制得,具有人造特性。石料即粗骨料,粒径一般大于5毫米,包括碎石和卵石。碎石由天然岩石破碎筛分制得,具有棱角分明的颗粒;卵石则来自河流、湖泊等水体中的天然矿石,经长期自然风化、水流冲刷形成,颗粒较圆润。

#### (二) 砂石原材料质量对工程建设的影响

砂石原材料的质量对工程建设具有至关重要的影

响。砂石原材料是混凝土、沥青等建筑材料的基本组成部分,其质量直接影响工程结构的力学性能和耐久性。优质的砂石原材料能够提高混凝土的强度和稳定性,减少裂缝和变形的发生,从而延长工程的使用寿命。不合格的砂石原材料则可能含有杂质、粒径分布不均匀或含水量过高,这些因素会导致混凝土强度不足、施工过程中的不稳定性以及后期的耐久性问题。砂石原材料的质量也关系到工程的经济性,高质量的材料能够减少维修和加固的频率,从而降低总体成本。通过严格的检测技术,确保砂石原材料的质量,可以有效提升工程的整体质量,保障结构的安全性和可靠性。

#### (三) 砂石原材料检测技术的发展历程

砂石原材料检测技术的发展经历了从传统到现代、从单一手段到多元方法的演变。早期的检测主要依赖于人工筛分和简单的物理测试,虽然基本满足了工程建设的需求,但精度和效率有限<sup>[2]</sup>。随着工程质量要求的提升,检测技术逐步引入了更为精确的仪器,如电子天平和干燥箱,用于密度和含水量的测定。这些改进在提高检测精度的也减少了人为误差。进入21世纪,科技进步推动了砂石原材料检测技术的飞速发展,X射线荧光光谱仪和扫描电子显微镜等先进仪器开始广泛应用,能够对砂石材料的微观结构和化学成分进行精确分析。这一阶段,检测技术不仅在精度和效率上有了显著提升,还为工程材料的优化提供了科学依据。目前,砂石原材料检测技术正朝着智能化和自动化方向发展,借助大数据和人工智能,实现了更加全面和实时的监测。

### 二、常用砂石原材料检测方法

#### (一) 筛分试验

筛分试验是砂石原材料检测的基本方法之一,主要用于确定颗粒级配和粒径分布。该试验通过一系列标准筛网,将不同粒径的颗粒分离,以评估材料的颗粒组成。试验过程通常包括样品制备、筛分操作和结果分析三个步骤。

样品制备阶段，将待测砂石样品按照规定的数量取样，并进行干燥处理，以消除含水量对结果的影响。筛分操作阶段，将干燥后的样品置于一组按孔径大小递减排列的标准筛中，使用机械或手动方式进行振筛。每个筛子的筛余物代表不同粒径的颗粒量，一层筛底收集最细小的颗粒<sup>[3]</sup>。

结果分析阶段，通过称量每个筛子的筛余物质量，计算出各粒径段的累计筛余百分比，绘制颗粒级配曲线。此曲线可直观反映砂石材料的粒径分布特性。筛分试验结果在工程中应用广泛，如混凝土配合比设计、公路基层材料选择等，均依赖于精确的粒径分布数据。

### (二) 密度测试

密度测试在砂石原材料检测中具有重要作用，通过测定砂石的密度，可以判断其质量和适用性。密度测试通常采用标准方法进行，包括颗粒密度和堆积密度的测定。颗粒密度测试主要利用比重瓶法，依据标准试样在水中的排水量计算出颗粒密度。堆积密度测试则通过称量固定体积的试样来计算堆积密度。在实际操作中，需严格控制试样的粒度、含水量等参数，以确保测试结果的准确性。密度测试结果可以反映砂石的紧密度和孔隙率，为工程设计和施工提供科学依据，直接影响混凝土配合比设计及工程质量。高精度的密度测试仪器和规范的操作流程，对于提高检测精度和工程质量具有重要意义。

### (三) 含水量测定

含水量测定是评估砂石原材料质量的重要方法。含水量直接影响材料的物理性能和工程应用中的稳定性与耐久性。测定含水量通常采用烘干法、化学法和电导法等。其中，烘干法是通过将样品在 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 下烘干至恒重，计算失水前后重量差来确定含水量；化学法利用化学试剂与水发生反应生成气体，测量气体量确定含水量；电导法则基于水的电导特性，通过测量样品的电导率间接推算含水量。这些方法各有优缺点，选择时需考虑样品性质和具体要求。

## 三、先进砂石原材料检测技术及其应用

### (一) X 射线荧光光谱仪的应用



图1 X 射线荧光光谱仪手持式示意图

X射线荧光光谱仪是一种先进的砂石原材料检测技术，广泛应用于化学成分分析中。该仪器通过发射高能X射线照射样品，使其激发出特征荧光，根据荧光的波长和强度进行定性和定量分析。X射线荧光光谱仪能够迅速、无损地检测砂石原材料中的多种元素，如硅、铝、铁、钙等，为工程材料选择提供详细的化学成分数据。

该技术在砂石原材料检测中的应用具备高精度、高效率和多元素检测的优点，能够有效提高检测结果的可靠性与准确性。相比传统的化学分析方法，X射线荧光光谱仪具有操作简便、分析快速的显著特点，适合大规模工程项目的材料检测需求。通过高精度的化学成分分析，可以更好地掌握砂石原材料的质量，从而优化混凝土配合比，提高工程质量和耐久性。

应用X射线荧光光谱仪不仅能够帮助识别潜在的材料质量问题，还能为材料改性与优化提供科学依据。例如，通过检测结果调整原材料配比，可以有效降低工程砂石原材料中的有害杂质含量，减少对结构性能的负面影响，从而提升建筑结构的整体性能。

### (二) 扫描电子显微镜的应用

扫描电子显微镜 (SEM) 在砂石原材料检测中的应用具有重要意义。SEM能够提供砂石材料表面形貌的高分辨率图像，通过电子束与样品相互作用，揭示微观结构和形貌特征。SEM可以精确分析砂石颗粒的形状、表面纹理和孔隙分布，进而评估材料的物理性能和力学性质。通过能谱分析，SEM还可以检测砂石材料的化学成分，识别杂质和元素分布，从而提高材料的纯度和质量控制水平。在工程实际中，SEM的应用为砂石原材料的质量评估和优化提供了科学依据，有助于提升工程建设的整体质量和耐久性。SEM的高分辨率和多功能性，使其成为砂石原材料检测中不可或缺的重要工具<sup>[4]</sup>。



图2 砂石原材料检测中扫描电子显微镜的应用

### (三) 其他先进检测仪器与手段

现代工程建设中，除X射线荧光光谱仪和扫描电子显微镜外，还广泛应用了激光粒度分析仪、核磁共振成像仪和红外光谱仪等先进检测设备<sup>[5]</sup>。激光粒度分析仪利用激光散射原理测量砂石颗粒的粒径分布，具有高精

度和快速分析的特点。核磁共振成像仪通过探测砂石内部结构和孔隙分布，为材料的内部缺陷检测提供了有力工具。红外光谱仪用于分析砂石原材料的矿物成分和化学键信息，有助于深入了解材料的化学特性。这些先进检测手段的应用，显著提升了砂石原材料检测的准确性和全面性，为工程材料选择和质量控制提供了科学依据。

#### 四、检测技术在工程建设中的应用及效果评估

##### （一）检测技术对工程质量控制的作用

砂石原材料的检测技术在工程质量控制中起着至关重要的作用。通过筛分试验、密度测试和含水量测定等常规方法，可以准确评估砂石材料的粒径分布、密度和含水量，这些指标直接关系到混凝土和其他建筑材料的性能和耐久性。先进检测技术如X射线荧光光谱仪和扫描电子显微镜则能够进一步分析材料的化学成分和微观结构，为工程材料的选择和优化提供更加科学的依据。

在实际工程中，检测技术的应用能够显著提升施工质量。准确的检测数据帮助工程师在施工前对材料进行严格把关，避免使用不合格材料，减少工程质量隐患。实时检测手段可在施工过程中及时发现和纠正材料使用中的问题，确保施工过程的质量可控。通过对砂石原材料的全面检测，能够预判潜在风险，提高工程的整体可靠性和安全性。

##### （二）检测技术在风险管理中的应用

砂石原材料检测技术在风险管理中的应用极为关键。检测技术能够提前识别出砂石原材料中的潜在问题，防止这些问题在后续施工过程中导致工程质量隐患。通过精确的筛分试验和密度测试，工程师可以有效评估砂石的粒径分布和密实度，从而保证混凝土和其他建筑材料的稳定性和一致性。利用X射线荧光光谱仪和扫描电子显微镜等先进设备，能够快速检测砂石的化学成分和微观结构，预防因材料成分不达标而引发的工程风险。在风险管理中，详细的检测数据为决策提供了科学依据，有助于及时调整施工方案，降低风险发生的概率。通过对检测结果的综合分析，能够有效制定出材料优化方案和应急预案，从而提高工程的安全性和可靠性，保障施工过程顺利进行。

##### （三）检测技术在实际工程中的案例分析

某桥梁建设项目中，利用X射线荧光光谱仪和扫描电子显微镜对砂石原材料进行检测。检测发现部分原材料中存在有害物质，及时调整了供货渠道，确保了材料质量。在某高层建筑施工中，采用筛分试验和密度测试对砂石进行严格筛选，确保了混凝土的强度和稳定性。通过对比分析，先进检测技术有效降低了工程质量风险，提高了施工效率和安全性，为项目的顺利完成提供了技术保障。

#### 五、砂石原材料检测技术的发展趋势与建议

##### （一）新技术的发展方向

近期，砂石原材料检测技术持续朝着高精度、高效率及智能化方向发展。高精度设备和基于数字化解读的

技术成为研究热点。高精度设备包括高分辨率显微镜和激光粒度分析仪，可以实现对砂石微观特性的详细解析。基于人工智能和机器学习的智能化监测系统逐渐应用于砂石检测中，通过大数据分析和模式识别，提高了检测的自动化水平及数据处理的速度和准确性。

实时在线检测技术的应用正在逐步推广，通过传感器网络和物联网技术，能够在施工现场进行即时的砂石质量监控。这种实时性极大减少了检测时间和人力投入，能够迅速发现问题并进行调整，从而提升工程建设的质量控制效率。未来砂石原材料检测技术的发展方向主要在于提高检测精度、优化效率以及增强智能化，这些进展将进一步推动工程建设质量和耐久性的提升。

##### （二）提升检测技术应用水平的建议

提升砂石原材料检测技术应用水平需要多方面的综合努力。加强检测人员的专业培训，提高其操作技能和理论知识，以确保检测结果的准确性和可靠性。加大对先进检测仪器设备的投资，提升设备的自动化和智能化水平，减少人为误差，提高检测效率。建立健全检测标准和规范，确保各类检测方法在实际应用中的统一性和可比性。加强科研投入，推动新型检测技术的研发与应用，如纳米技术和人工智能在检测中的结合，进一步提高检测的精度和覆盖面。推动检测技术与工程建设的深度融合，通过大数据和信息化手段，实现对砂石原材料质量的实时监控和预警，确保工程质量的持续提升。推进检测技术的国际交流与合作，借鉴国外先进经验，不断完善和创新本土检测技术体系。

#### 结束语

砂石原材料检测技术在工程建设中的应用现状与发展趋势进行了研究。通过筛分试验、密度测试、含水量测定和颗粒形状分析等方法，提高了检测精度和效率。然而，部分技术在复杂环境下还需验证，而且检测成本较高。未来的研究方向包括开发更高效、低成本的技术，推动标准化建设，以及利用大数据和人工智能提升检测能力，为工程质量控制提供更好的支持。

#### 参考文献

- [1] 叶亮红. 建筑工程材料混凝土原材料的检测与质量控制[J]. 砖瓦世界, 2019, 0(18): 125-125.
- [2] 魏斌, 杨发助. 工程原材料检测及质量控制分析[J]. 中国科技期刊数据库 工业A, 2023, (09): 0119-0122.
- [3] 张像康. 公路工程原材料试验检测的质量控制研究[J]. 企业科技与发展, 2022, (09): 89-92.
- [4] 孙铁, 孟琪刚, 李学军, 张磊, 肖金国. 建筑工程混凝土原材料检测与质量控制[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术, 2021, (07): 0246-0246.
- [5] 郭凤武. 铁路工程原材料质量检测技术要点研究[J]. 中国质量监管, 2023, (06): 84-85.

作者简介: 柱灵, 1995.9, 男, 汉族, 广东广州人, 本科, 助理工程师, 研究方向: 建筑试验检测。